

ACHTUNG! Diese Anleitung ist für das PC-Programm ZN743 gedacht, lässt sich aber auch auf die Berechnung von Achsen und Wellen mit den BayMPOonline anwenden. vgl. www.baymp.de

Programm ZN743 für Windows, LINUX und Mac OS X. Stand 24.8.2010. Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg und Dipl.-Ing. Markus Zimmermann, Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften, Universität Bayreuth, www.konstruktionslehre.uni-bayreuth.de und www.cad.uni-bayreuth.de.

ZN743 ist ein kleines, schnelles Hilfsprogramm für die Vorlesungen und Übungen sowie das Hanser-Lehrbuch *Decker: Maschinenelemente* [2]. Es umfasst die **Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen nach DIN 743** [1] mit diesen Einschränkungen:

- nur Wellenabsätze und Rundnuten als Kerben
- nur Fall 1 nach DIN 743-1: $\sigma_{mv} = \text{konstant}$ bzw. $\tau_{mv} = \text{konstant}$

Achtung: Für reale Bauteile unbedingt die DIN 743 heranziehen und nur nach dieser rechnen!

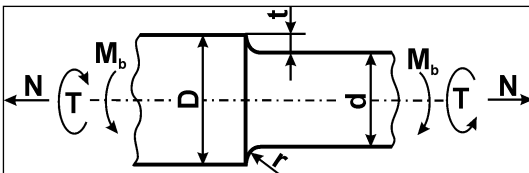
Bei der Berechnung nach DIN 743 wird nun auf der Spannungsseite nur mit den *Nennspannungen* gearbeitet wie

$$\text{Zug/Druckspannung } \sigma_{z,d} = \frac{F}{A}, \text{ Biegespannung } \sigma_b = \frac{M_b}{W_b}, \text{ Torsionsspannung } \tau_t = \frac{T}{W_t}$$

Diese werden mit den jeweiligen Werkstoffkennwerten für Zug/Druck, Biegung und Torsion verglichen, die wieder ihrerseits Korrekturwerte für die Bauteileinflüsse wie Kerben, Oberfläche, Stützwirkung usw. beinhalten. Genaue Berechnungen erfordern in jedem Fall das Vorliegen und Studieren der DIN 743-1 (Grundlagen), 743-2 (Formzahlen und Kerbwirkungszahlen) und DIN 743-3 (Werkstoff-Festigkeitswerte). Beachten Sie die Anwendungsgrenzen, wie Temperaturbereich von -40°C bis 150°C, korrosionsfreie Umgebungsmedien, kein dominierender Querkraftschub, kein Knicken.

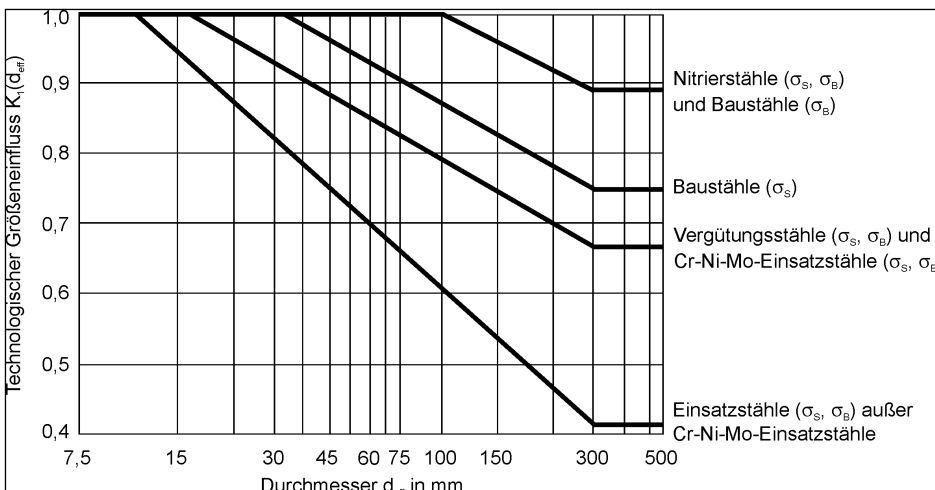
Eingaben:

Sigzdm σ_{zdm} Zug/Druckmittelspannung *Sigbm* σ_{bm} Biegemittelspannung *Tautm* τ_{tm} Torsionsmittelspannung
Sigzda σ_{zda} Zug/Druckausschlagsspannung *Sigba* σ_{ba} Biegeausschlagsspannung *Tautm* τ_{tm} Torsionsausschlagssp.
SigB σ_B Bruchspannung *SigS* σ_S Streckgrenze
Sigzdw σ_{zdw} Zug/Druckwechselfestigkeit *Sigbw* σ_{bw} Biegewechselfestigkeit *Tautw* τ_{tw} Torsionswechselfestigkeit



Maße für D , d , r , und t , Rauheit R_z und den für die Wärmebehandlung wirksamen Durchmesser d_{eff}

- *Vollwelle* oder *Hohlwelle*
- *harte Randschicht*: ja/nein
- *Wellenabsatz* oder *Rundnut*



Definieren des Falls für K_1 :

K1-Fall 1

K1-Fall 2

K1-Fall 3

K1-Fall 4

Verfahren	7...8 ≤ d ≤ 25mm	25 ≤ d ≤ 40mm
Nitrieren	1,15 ~ 1,25	1,10 ~ 1,15
Einsatzhärten	1,20 ~ 2,10	1,10 ~ 1,50
Carbonitrieren	1,10 ~ 1,90	1,00 ~ 1,40
Rollen	1,20 ~ 1,40	1,10 ~ 1,25
Kugelstrahlen	1,10 ~ 1,30	1,10 ~ 1,20
Induktiv-und Flammhärten	1,20 ~ 1,60	1,10 ~ 1,40

K_v : Einflussfaktor der Oberflächenverfestigung, Auszug aus DIN 743-2. In den Zahlenbeispielen der DIN 743 wird K_v immer zu 1 gesetzt.

Beispiel: Es soll die Dauerfestigkeit eines Wellenabsatzes mit Zug-, Biege- und Torsionsbelastung überprüft werden. Die Abmessungen sind: $D = 50 \text{ mm}$, $d = 40 \text{ mm}$, $r = 3 \text{ mm}$, $t = 5 \text{ mm}$. Die Oberflächenrauheit ist $R_z = 5 \mu\text{m}$. Der Werkstoff ist 36CrNiMo4 (vergütet) mit folgenden Festigkeitswerten nach DIN 743-3 bei $d_B \leq 16 \text{ mm}$:

$$\sigma_B = 1100 \text{ N/mm}^2, \sigma_s = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{zdW} = 440 \text{ N/mm}^2, \sigma_{bW} = 550 \text{ N/mm}^2, \tau_{tW} = 330 \text{ N/mm}^2$$

Anmerkung: Dieses Beispiel ist bereits im Programm ZN743 zu Ihrer leichteren Orientierung vorab gespeichert.

Die Belastungen sind:

$$\text{aus } N: \sigma_{zdm} = 200 \text{ N/mm}^2, \sigma_{zda} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{aus } M_b: \sigma_{bm} = 300 \text{ N/mm}^2, \sigma_{ba} = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{aus } T: \tau_{tm} = 100 \text{ N/mm}^2, \tau_{ta} = 40 \text{ N/mm}^2$$

Ausgaben:

technologischen Größeneinfluss K_1 , d.h. $K_1 = 0,87$

	Zug/Druck	Biegung	Torsion
Formzahl	as d.h. $\alpha_\sigma = 1,97$	as d.h. $\alpha_\sigma = 1,80$	at d.h. $\alpha_\tau = 1,40$
bezogenes Spannungsgefälle	G' d.h. $G' = 0,87$	G' d.h. $G' = 0,87$	G' d.h. $G' = 0,38$
Stützzahl	n d.h. $n = 1,03$	n d.h. $n = 1,03$	n d.h. $n = 1,02$
Kerbwirkungszahl	bs d.h. $\beta_\sigma = 1,90$	bs d.h. $\beta_\sigma = 1,74$	bt d.h. $\beta_\tau = 1,37$
geom. Größeneinflussfaktor	K_2 d.h. $K_2 = 1$	K_2 d.h. $K_2 = 0,89$	K_2 d.h. $K_2 = 0,89$
Einflussfaktor Oberflächenrauheit	KFs d.h. $K_{F\sigma} = 0,90$	KFs d.h. $K_{F\sigma} = 0,90$	KFt d.h. $K_{F\tau} = 0,94$
Gesamteinflußfaktor	Ks d.h. $K_\sigma = 2,02$	Ks d.h. $K_\sigma = 2,08$	Kt d.h. $K_\tau = 1,61$

Vergleichsspannungen: σ_{mv} d.h. $\sigma_{mv} = 529 \text{ N/mm}^2$ τ_{mv} d.h. $\tau_{mv} = 305 \text{ N/mm}^2$

	Zug/Druck	Biegung	Torsion
Bauteilwechselfestigkeiten	$SigzdWK$ d.h. $\sigma_{zdWK} = 190 \text{ N/mm}^2$	$SigbWK$ d.h. $\sigma_{bWK} = 231 \text{ N/mm}^2$	TautWK d.h. $\tau_{tWK} = 179 \text{ N/mm}^2$
Einflussfaktoren der Mittelspannungsempfindlichkeit	$psizdsK$ d.h. $\psi_{zdsK} = 0,11$	$psibsK$ d.h. $\psi_{bsK} = 0,14$	$psitauK$ d.h. $\psi_{\tau K} = 0,10$
statische Stützwirkung	K_2Fz d.h. $K_{2F} = 1,0$	K_2Fb d.h. $K_{2F} = 1,2$	K_2Ft d.h. $K_{2F} = 1,2$
Erhöhungsfaktor Fließgrenze	$gamFz$ d.h. $\gamma_F = 1,05$	$gamFb$ d.h. $\gamma_F = 1,05$	$gamFt$ d.h. $\gamma_F = 1,00$
Bauteilfließgrenzen	$SigzdFK$ d.h. $\sigma_{zdFK} = 823 \text{ N/mm}^2$	$SigbFK$ d.h. $\sigma_{bFK} = 988 \text{ N/mm}^2$	TautFK d.h. $\tau_{tFK} = 543 \text{ N/mm}^2$

Test : gelten diese Bedingungen?

$$\sigma_{mv} \leq \frac{\sigma_{zdFK} - \sigma_{zdWK}}{1 - \psi_{zdsK}} = \frac{823 - 190}{1 - 0,11} = 711 \text{ N/mm}^2 \geq 529 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ja!}$$

$$\sigma_{mv} \leq \frac{\sigma_{bFK} - \sigma_{bWK}}{1 - \psi_{bsK}} = \frac{988 - 231}{1 - 0,14} = 880 \text{ N/mm}^2 \geq 529 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ja!}$$

$$\tau_{mv} \leq \frac{\tau_{tFK} - \tau_{tWK}}{1 - \psi_{\tau K}} = \frac{543 - 179}{1 - 0,10} = 404 \text{ N/mm}^2 \geq 305 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ja!}$$

da alle drei Tests positiv sind, wird der Gleichungssatz (10, 11, 12) aus DIN 743-1 bzw. Decker Gleich. 15.61 angewendet:

	Zug/Druck	Biegung	Torsion
Spannungsamplitude der Bauteil-Dauerfestigkeit	$SigzdADK$ d.h. $\sigma_{zdADK} = 132 \text{ N/mm}^2$	$SigbADK$ d.h. $\sigma_{bADK} = 157 \text{ N/mm}^2$	TautADK d.h. $\tau_{tADK} = 147 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitszahl S Dauerbruch:

$$S = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{zda}}{\sigma_{zdADK}} + \frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bADK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tADK}}\right)^2}} = 1,24 \geq S_{\min} \geq 1,2 \quad \text{Bedingung erfüllt!}$$

Sicherheitszahl S Fließgrenze:

$$S = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{zd\max} + \sigma_{b\max}}{\sigma_{zdFK} + \sigma_{bFK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{t\max}}{\tau_{tFK}}\right)^2}} = 1,40 \geq S_{\min} \geq 1,2 \quad \text{Bedingung erfüllt!}$$

Literatur:

- [1] DIN 743-1 (Okt. 2000), DIN 743-2 (Okt. 2000), Beiblatt 1 zu DIN 743 (Okt. 2000)
- [2] Decker: Maschinenelemente. 17. Auflage. München, Wien: Hanser 2009.